



**PERANCANGAN OTOMASI INDUSTRI BERBASIS *MACHINE*
LEARNING PADA ALAT SORTIR BUAH KELAPA UNTUK
PRODUKSI BIOAVTUR**

SKRIPSI

HILMI FAIRUZ FATURROHMAN

2210312101

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INDUSTRI
2026**



**PERANCANGAN OTOMASI INDUSTRI BERBASIS *MACHINE*
LEARNING PADA ALAT SORTIR BUAH KELAPA UNTUK
PRODUKSI BIOAVTUR**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik**

HILMI FAIRUZ FATURROHMAN

2210312101

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK INDUSTRI
2026**

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Hilmi Fairuz Faturrohman
NIM : 2210312101
Program Studi : S1 Teknik Industri
Judul Skripsi : PERANCANGAN OTOMASI INDUSTRI BERBASIS
MACHINE LEARNING PADA ALAT SORTIR BUAH
KELAPA UNTUK PRODUKSI BIOAVTUR

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta.



Intan Novita Dewi, S.T., M.T.
Penguji Utama



Amenda Septiala Tarigan, S.T., M.T.
Penguji Lembaga



**Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T.,
M.T., IPM.**
Dekan Fakultas Teknik



Donny Montreano, ST, MT, IPM
Penguji 3 (Pembimbing)



Ir. Nur Fajriah, S.T., M.T., IPM,
Kepala Program Studi S1 Teknik Industri

Ditetapkan di : Jakarta
Tanggal Ujian : 14 Juli 2026

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

PERANCANGAN OTOMASI INDUSTRI BERBASIS *MACHINE LEARNING* PADA ALAT SORTIR BUAH KELAPA UNTUK PRODUKSI BIOAVTUR

Disusun oleh:

Hilmi Fairuz Faturrohman

2210312101

Menyetujui,



Donny Montreano, ST, MT, IPM

Pembimbing 1



Vina Sari Yosephine, S.T., M.Sc., Ph.D.

Pembimbing 2

Mengetahui,



Ir. Nur Fajriah, S.T., M.T., IPM,

Kepala Program Studi S1 Teknik Industri

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Hilmi Fairuz Faturrohman

NIM : 2210312101

Program Studi : S1 Teknik Industri

Menyatakan bahwa Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 14 Juli 2026

Yang menyatakan,



(Hilmi Fairuz Faturrohman)

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta,
Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Hilmi Fairuz Faturrohman
NIM : 2210312101
Fakultas : Teknik
Program Studi : S1 Teknik Industri

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) kepada Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta atas karya saya yang berjudul:

PERANCANGAN OTOMASI INDUSTRI BERBASIS *MACHINE LEARNING*
PADA ALAT SORTIR BUAH KELAPA UNTUK PRODUKSI BIOAVTUR

Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta berhak menyimpan, mengalihkan media/format, mengelola dalam bentuk pangkalan data, merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : 14 Juli 2026

Yang menyatakan,



(Hilmi Fairuz Faturrohman)

PERANCANGAN OTOMASI INDUSTRI BERBASIS *MACHINE LEARNING* PADA ALAT SORTIR BUAH KELAPA UNTUK PRODUKSI BIOAVTUR

Hilmi Fairuz Faturrohman

ABSTRAK

Proses penyortiran buah kelapa sebagai bahan baku bioavtur di Indonesia masih banyak dilakukan secara manual sehingga rentan terhadap ketidakkonsistenan, penilaian subjektif, *human error*, serta membutuhkan waktu dan tenaga yang relatif besar. Penelitian ini bertujuan merancang prototipe alat sortir buah kelapa otomatis berbasis *machine learning* untuk meningkatkan objektivitas, konsistensi, dan efisiensi proses penyortiran. Metode yang digunakan meliputi pengumpulan *dataset* gambar kelapa standar dan nonstandar, *preprocessing*, pembagian data menjadi *training*, *validation*, dan *testing*, serta pelatihan lima arsitektur *Convolutional Neural Network*, yaitu MobileNetV2, VGG16, VGG19, ResNet50, dan Xception. Model terbaik kemudian diintegrasikan dengan *webcam*, ESP32, motor servo, dan sistem konveyor sehingga mampu melakukan penyortiran secara *real-time*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ResNet50 memberikan performa terbaik dengan akurasi klasifikasi sebesar 95,53%. Pengujian prototipe secara *real-time* menghasilkan akurasi 95,23% dengan rata-rata waktu penyortiran 1,33 detik per objek. Sistem yang dikembangkan mampu mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia, meminimalkan kesalahan akibat penilaian subjektif, serta meningkatkan kecepatan dan konsistensi proses penyortiran. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan CNN dan otomasi industri berpotensi mendukung pengembangan sistem sortir kelapa untuk industri bioavtur.

Kata Kunci : *Convolutional Neural Network*, Otomasi Industri, Bioavtur

**DESIGN OF A MACHINE LEARNING-BASED INDUSTRIAL
AUTOMATION SYSTEM FOR A COCONUT SORTING
MACHINE FOR BIOAVTUR PRODUCTION**

Hilmi Fairuz Faturrohman

ABSTRACT

The process of sorting coconuts as raw material for bioavtur in Indonesia is still largely done manually, making it prone to inconsistencies, subjective judgments, and human error; and requiring a relatively large amount of time and labor. This study aims to design a prototype of an automated coconut sorting device based on machine learning to improve the objectivity, consistency, and efficiency of the sorting process. The methods used include collecting a dataset of images of standard and non-standard coconuts, preprocessing, dividing the data into training, validation, and testing sets, and training five Convolutional Neural Network architectures: MobileNetV2, VGG16, VGG19, ResNet50, and Xception. The best model was then integrated with a webcam, an ESP32, a servo motor, and a conveyor system to enable real-time sorting. The research results show that ResNet50 delivers the best performance with a classification accuracy of 95.53%. Real-time testing of the prototype yielded an accuracy of 95.23% with an average sorting time of 1.33 seconds per object. The developed system reduces reliance on human labor, minimizes errors caused by subjective judgment, and improves the speed and consistency of the sorting process. These research results indicate that the application of CNNs and industrial automation has the potential to support the development of coconut sorting systems for the biofuel industry.

Keywords : *Convolutional Neural Network, Industrial Automation, Bioavtur*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir saya yang berjudul “PERANCANGAN OTOMASI INDUSTRI BERBASIS *MACHINE LEARNING* PADA ALAT SORTIR BUAH KELAPA UNTUK PRODUKSI BIOAVTUR”. Melalui penelitian ini saya dapat meningkatkan pengetahuan dan mengetahui secara langsung bagaimana implementasi ilmu-ilmu yang saya pelajari dalam rangka penelitian tugas akhir. Dalam menulis tugas akhir, saya tidak luput dari bantuan berbagai pihak-pihak di sekitar saya. Untuk itu, pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat, berkat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga saya masih diberikan kemampuan dalam melaksanakan penelitian tugas akhir dan dapat menyelesaikan laporan.
2. Ida Dahlia, Ibu terhebat, terkuat, pantang menyerah yang selalu memberikan dukungan kepada anak pertamanya dalam setiap kegiatan.
3. Keluarga yang senantiasa memberikan doa dan semangat kepada penulis.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Teguh Firmansyah, S.T., M.T., IPM selaku dekan Fakultas Teknik UPN Veteran Jakarta.
5. Ibu Ir. Nur Fajriah, S.T., M.T., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Industri UPN Veteran Jakarta.
6. Bapak Donny Montreano, S.T, M.T.,IPM selaku dosen pembimbing 1 skripsi yang telah memberikan arahan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan.
7. Ibu Vina Sari Yosephine, S.T, M.Sc.,Ph.D selaku dosen pembimbing 1 skripsi yang telah memberikan arahan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan

8. Dhea Safira Nur Annisa sebagai perempuan spesial penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, kesabaran, perhatian, serta semangat di setiap proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih telah menjadi tempat berbagi cerita, memberikan motivasi ketika penulis mengalami kesulitan, dan selalu percaya bahwa penulis mampu menyelesaikan penelitian ini hingga akhir.
9. Henry Alif Rahmadhana selaku sahabat saya yang membantu saya dalam penelitian ini.
10. Netta, teman setia yang selalu ada di setiap langkah, selalu ada ketika saya butuh, menjadi semangat ketika lelah, dan mendorong saya untuk terus berkembang.

Saya mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang senantiasa mendukung segala kegiatan saya. Saya menyadari bahwa skripsi yang saya tuliskan masih memiliki banyak kekurangan, maka dari itu saya sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun.

Jakarta, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Penelitian Terdahulu.....	8
2.2 Bioavtur.....	14
2.3 Efisiensi Proses Produksi.....	15
2.4 <i>Quality Control</i>	16
2.5 Otomasi Industri.....	17
2.5.1 <i>Microcontroller</i>	18
2.5.1 Aktuator.....	19
2.6 <i>Machine Learning</i>	20
2.6.1 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	21
2.7 Evaluasi Model.....	22
2.7.1 <i>Accuracy</i>	22
2.7.2 <i>Precision</i>	22
2.7.3 <i>Recall</i>	22
2.7.4 <i>F1-Score</i>	22
2.7.5 ROC-AUC.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	24
3.2 Kerangka Berpikir.....	25

3.3 Tahap Persiapan.....	26
3.4 Tahap Pengumpulan Data.....	27
3.5 Tahap Pengolahan Data.....	30
3.5.1 <i>Labeling</i> Gambar Digital.....	30
3.5.2 <i>Preprocessing</i> dan Standarisasi Data.....	30
3.5.3 Pembagian <i>Dataset</i>	31
3.5.4 Pengembangan dan Pelatihan Model <i>Machine Learning</i>	32
3.5.5 Evaluasi dan Perbandingan Kinerja Model.....	32
3.5.6 Seleksi Model.....	33
3.5.7 Perancangan dengan <i>Computer-Aided Design (CAD)</i>	34
3.5.8 Integrasi Model dengan Sistem Otomasi.....	34
3.5.9 Pengujian Sistem dalam Kondisi Operasional.....	34
3.6 Tahap Analisis Data.....	35
3.7 Tahap Simpulan Hasil Penelitian.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Pengumpulan dan Persiapan <i>Dataset</i>	37
4.1.1 Pengumpulan Data Kelapa.....	37
4.1.2 <i>Labeling Dataset</i>	38
4.1.3 <i>Preprocessing Dataset</i>	38
4.1.4 Pembagian <i>Dataset</i>	42
4.2 Pengembangan dan Pelatihan Model CNN.....	44
4.2.1 Pelatihan Model MobileNet.....	48
4.2.2 Pelatihan Model VGG16.....	48
4.2.3 Pelatihan Model VGG19.....	49
4.2.4 Pelatihan Model ResNet50.....	49
4.2.5 Pelatihan Model Xception.....	50
4.2.6 <i>Testing</i> Model.....	50
4.3 Evaluasi dan Perbandingan Kinerja Model.....	51
4.3.1 Perbandingan Performa Antar Model.....	52
4.3.2 Pemilihan Model Terbaik.....	53
4.3.3 <i>Confusion Matrix</i>	54
4.4 Perancangan Sistem Otomasi Alat Sortir.....	55
4.4.1 Perancangan Menggunakan CAD.....	56
4.4.2 Komponen Sistem.....	57
4.4.3 Arsitektur Sistem Otomasi.....	58
4.5 Integrasi Model CNN dengan Sistem Alat Sortir.....	58
4.5.1 Integrasi Kamera dan Model CNN.....	59
4.5.2 Integrasi Model CNN dan Mikrokontroler.....	60
4.5.3 Integrasi Mikrokontroler dan Aktuator.....	60

4.6 Pengujian Sistem Otomasi.....	62
4.6.1 Pengujian Akurasi <i>Real-Time</i>	62
4.6.2 Pengujian Kecepatan Sortir.....	63
4.7 Pembahasan.....	64
4.7.1 Analisis Kinerja Model CNN.....	65
4.7.2 Analisis Pengujian Sistem Otomasi.....	66
4.7.3 Keterbatasan Penelitian.....	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran.....	69
5.2.1 Saran Akademis.....	69
5.2.2 Saran Pengembangan Sistem.....	70
5.2.3 Saran Implementasi Industri.....	70
DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kelapa standar konsumsi dan nonstandar.....	1
Gambar 2.1 Hidroproses Ester dan Asam Lemak untuk Produksi Bioavtur.....	12
Gambar 2.2 <i>Parts of a microcontroller</i>	15
Gambar 2.3 Jenis Aktuator.....	16
Gambar 2.4 <i>Convolutional Neural Network</i>	18
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	20
Gambar 3.2 Kerangka Berpikir.....	20
Gambar 4.1 <i>Dataset</i> Gambar Kelapa.....	30
Gambar 4.2 Persiapan Jalur Data (<i>Data Path & Loading</i>).....	30
Gambar 4.3 Analisis Data Awal (<i>Exploratory Data Analysis / EDA</i>).....	31
Gambar 4.4 <i>Preprocessing</i> Data.....	32
Gambar 4.5 Pembacaan Jumlah dan Duplikasi Gambar.....	32
Gambar 4.6 Nilai <i>Brightness</i> Rata-rata Kedua Kelas.....	32
Gambar 4.7 Konfigurasi Gambar.....	33
Gambar 4.8 Program <i>resize</i> data.....	33
Gambar 4.9 Pra-pemrosesan & Pembagian Data.....	34
Gambar 4.10 Pembagian <i>Dataset</i>	35
Gambar 4.11 Pembuatan Arsitektur Model AI (<i>Model Building</i>).....	36
Gambar 4.12 Pelatihan Model (<i>Model Training</i>).....	38
Gambar 4.13 Program Pelatihan MobileNetV2.....	38
Gambar 4.14 Program Pelatihan VGG16.....	39
Gambar 4.15 Program Pelatihan VGG19.....	39
Gambar 4.16 Program Pelatihan ResNet50.....	40
Gambar 4.17 Program Pelatihan Xception.....	40
Gambar 4.18 Evaluasi Kinerja Model.....	41
Gambar 4.19 Hasil <i>Testing</i> Model.....	43
Gambar 4.20 Pelatihan Model (<i>Model Training</i>).....	44
Gambar 4.21 <i>Confusion Matrix</i> MobileNetV2.....	44
Gambar 4.22 <i>Confusion Matrix</i> VGG16.....	44
Gambar 4.23 <i>Confusion Matrix</i> VGG19.....	45
Gambar 4.24 <i>Confusion Matrix</i> Resnet50.....	45
Gambar 4.26 <i>Confusion Matrix</i> MobileNetV2.....	47
Gambar 4.27 Arsitektur Sistem Otomasi.....	48
Gambar 4.28 Program Pengaturan Kamera.....	49
Gambar 4.29 Program Pengaturan Sinyal Untuk Mikrokontroler.....	50
Gambar 4.30 Logika Program ESP32 Untuk Servo.....	51
Gambar 4.31 Pengujian Alat Sortir.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
Tabel 4.1 <i>Confusion Matrix</i> pada Data Uji.....	45
Tabel 4.2 Hasil Pengujian model.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.** *Dataset* Kelapa Standar
- Lampiran 2.** *Dataset* Kelapa Nonstandar
- Lampiran 3.** Program Model CNN
- Lampiran 4.** Program Integrasi Model dan Mikrokontroler
- Lampiran 5.** Program ESP32 Untuk Menggerakan Servo